

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Kaisa-Kristina Kivirand

**Kõrge intensiivsusega intervalltreeningu mõju
ainevahetussündroomi riskiteguritele**

**The influence of high-intensity interval training on risk factors of metabolic
syndrome**

Bakalaureusetöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

prof, biol knd V. Ööpik

Tartu, 2018

SISUKORD

KASUTATUD LÜHENDID	3
SISSEJUHATUS	4
1. MIS ON AINEVAHETUSSÜNDROOM?	6
1.1. Ainevahetussündroomi diagnoosimine	6
1.2. Ainevahetussündroomi levimus	8
1.3. Ainevahetussündroomi tekkepõhjused ja patogenees	8
2. AINEVAHETUSSÜNDROOMI ENNETAMINE JA RAVI	10
3. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA INTERVALLTREENING	13
4. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA INTERVALLTREENINGU MÕJU AINEVAHETUSSÜNDROOMI RISKITEGURITELE	15
4.1. Vööümbermõõt ja abdominaalne rasvumine	15
4.2. Hüperglükeemia ja insuliini resistentsus	18
4.3. Düslipideemia	21
4.4. Kõrgenenud vererõhk	22
KOKKUVÕTE	24
KASUTATUD KIRJANDUS	25
SUMMARY	29
AUTORI LIHTLITSENTS	31

KASUTATUD LÜHENDID

HIIT – (*high-intensity interval training*) – kõrge intensiivsusega intervalltreening

HDL – (*high-density lipoprotein*) – kõrge tihedusega lipoproteiin

KMI – kehamassiindeks

LDL – (*low-density lipoprotein*) – madala tihedusega lipoproteiin

MetS – (*metabolic syndrome*) – metaboolne sündroom ehk ainevahetussündroom

SHV – südame-veresoonkonnahaigused

SLSmax – maksimaalne südamelöögisagedus

T2D – (*diabetes mellitus type 2*) – 2. tüüpi diabeet

VO₂max – maksimaalne hapnikutarbimisvõime

SISSEJUHATUS

Ülekaalulisus ja rasvumine on kasvanud epideemiaks nii arenenud riikides kui ka arengumaades. Kehakaalu ulatuslik tõus tingituna vähesest liikumisest, valedest toitumisharjumustest, alkoholi liigtarvitamisest ja suitsetamisest on riskiteguriks paljudele haigustele, sealhulgas ainevahetussündroomile (*metabolic syndrome* – MetS), südame-veresoonkonna haigustele (SVH) ja 2. tüüpi diabeedile (*diabetes mellitus type 2* – T2D). Tänapäevaks on nii Euroopa Liidus kui ka Eestis südamehaiguste suremus vähenenud, kuid langustendentsi jätkamiseks tuleb tegeleda haigestumise ennetamisega.

Mitmed rahvusvahelised kui ka Eesti rahvatervise edendamisele suunatud organisatsioonid on välja andnud juhiseid, mille järgimine aitab säilitada tervist ja ennetada haiguste teket. Soovitav on liikuda iga nädal keskmise intensiivsusega (64-76% maksimaalsest südamelöögisagedusest (SLSmax)) vähemalt 150 minutit või kõrge intensiivsusega (77-95% SLSmax) vähemalt 75 minutit ning nädalane koormus ühtlaselt jaotada (E. Donnelly et al., 2009). Olenemata tõsiasi, et inaktiivne eluviis soodustab krooniliste haiguste teket ja enneaegset suremust, liigub 29% Eesti elanikkonnast vähem kui 150 minutit nädalas ning inaktiivsete inimeste osakaal on 34%. Võib täheldada, et kaks kolmandikku Eesti täiskasvanud elanikkonnast saaks igapäevase kehalise aktiivsuse suurendamisega parandada oma kehalist vormi ja tervist. Põhjused, mis takistavad liikumisharrastustega tegelemist, on ajapuudus, väsimus pärast tööd ning üle 65-aasta vanuses indiviididel halb tervislik seisund (Einasto & Lusmägi, 2014).

Arvestades kiiret elutempot ja suure osa elanikkonna võimetust täita soovituslikke liikumisnorme, on ilmnenud vajadus uuendusliku liikumisstrateegia järele. Viimasel ajal on saanud palju teaduslikku tähelepanu kõrge intensiivsusega intervalltreening, mis on tervise edendamise seisukohast väidetavalt sama efektiivne kui traditsiooniline vastupidavustreening, kuid millele kulub võrreldes viimasega kuni 75% vähem aega.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on analüüsida kõrge intensiivsusega intervalltreeningu mõju ainevahetussündroomi riskiteguritele.

Töö tugineb teaduskirjandusele, mille otsimisel on kasutatud peamiselt Pubmed ja Google Scholar andmebaase. Peamised otsingusõnad, mida kasutati olid „*high intensity interval training*“, „*high intensity intermittent training*“, „*metabolic syndrome*“, „*obese*“, „*obesity*“, „*type 2 diabetes*“, „*prevention*“ ja nende kombinatsioonid. Artiklid, mis töö koostamisel on kasutatud ja mis kajastavad eksperimentaalsete uuringute andmeid, on ilmunud aastatel 2008-2018.

Märksõnad/keywords: rasvumine (*obesity*), hüperglükeemia (*hyperglycemia*), düslipideemia (*dyslipidemia*), hüpertensioon (*hypertension*), 2. tüüpi diabeet (*diabetes mellitus type 2*)

1. MIS ON AINEVAHETUSSÜNDROOM?

Ainevahetussündroom ehk metaboolne sündroom (*metabolic syndrome* – MetS) on viimastel aastakümnetel kiirelt progresseeruv rahvastiku tervislikku seisundit halvendav probleem, mis on kaasnenud linnastumisega, valede toitumisharjumuste, vähenenud kehalise aktiivsuse ja istuva eluviisiga (Han & Lean, 2015).

MetS on kompleks viiest ainevahetuslikust kõrvalekaldest, mis koos esinedes kahekordistavad riski haigestuda järgneva 5-10 aasta jooksul aterosklerootilisse südame-veresoonkonnahaigusesse ning suurendavad 5-kordselt riski haigestuda 2. tüüpi diabeeti (Alberti et al., 2009). MetS peamiseks sümptomiteks on aterogeenne düslipideemia, hüpertensioon, düsglükeemia, protrombootiline ja proinflammatoorne seisund. Aterogeenne düslipideemia hõlmab endas nii kõrget triglütseriidide kui ka kõrge-tihedusega lipoproteiinides (*high-density lipoprotein* – HDL) seotud kolesterooli madalat taset. Düsglükeemia ehk glükoosi kontsentratsiooni suurenemine vereplasmas tähendab diabeedieelset seisundit või väljakujunenud T2D. Kõrvalekalded hüübimisfaktorites või vere trombotsüütide arvus ning põletikunäitajate tõus viitavad vastavalt protrombootilisele ja proinflammatoorsele seisundile. (Grundy, 2016) Lisaks eelnimetatud ainevahetuslikele kõrvalekalletele kuuluvad sümptomite hulka ka obstruktiivne uneapnoe, polütsüstiliste munasarjade sündroom (Han & Lean, 2015) ja mittealkohoolne rasvmaks ehk steatohepatiit (Kassi et al, 2011).

1.1. Ainevahetussündroomi diagnoosimine

Esmakordselt viitas ainevahetussündroomile 1923. aastal Rootsi arst Kylin, kes juhtis tähelepanu arteriaalse hüpertensiooni, hüperglükeemia ja hüperurikeemia omavahelistele seostele südame-veresoonkonnahaiguste patogeneesis (Sinisalu, 2006). Reaven esitas 1988. aastal „sündroom X“ kontseptsiooni, mille kohaselt insuliini resistentsuse olemasolu indiviidil soodustab koronaararteritõve ja 2. tüüpi diabeedi teket. Sündroomi kirjeldamisel jättis Reaven aga kriteeriumite hulgast välja ülekaalulisuse ja abdominaalse rasvumise aspekti (Reaven, 1988), mis hiljem, ainevahetussündroomi definitsiooni kujunemisel, nende hulka lisati.

Alates sellest ajast on mitmed organisatsioonid püüdnud sõnastada MetS-i definitsiooni ja määrata diagnoosimiseks vajalikke kriteeriumeid (Alberti et al., 2009). Hetkel on igapäevases kliinilises praktikas ja uuringurühmades enimkasutatud Rahvusvahelise Kolesterooli Õppeprogrammi Täiskasvanute III Ravipaneeli (ATP III NCEP) ja Rahvusvahelise

Diabeediföderatsiooni (IDF) poolt määratud ainevahetussündroomi diagnostikakriteeriumid (Tabel 1) (Alberti et al., 2009; Han & Lean, 2015; Kassi et al, 2011).

MetS diagnoosi kriteeriumiteks on suurenenud vööümbermõõt, kõrge triglütseriidide tase, madal HDL-kolesterooli tase, hüpertensioon ja kõrge glükoosi kontsentratsioon plasmas. Eelnimetatud näitajate lävendid on toodud Tabelis 1. MetS saab määrata juhul, kui viiest kriteeriumist on täidetud vähemalt kolm. IDF definitsiooni järgi diagnoosimiseks peab eeltingimusena esinema abdominaalne rasvumine, mille näitajaks on suurenenud vööümbermõõt ning sellele lisaks kaks täiendavat kriteeriumi.

Kuna IDF kriteeriumid on suunatud nii diabeedi kui ka südame-veresoonkonnahaiguste ennetamiseks, on vööümbermõõdu ja plasma glükoositaseme lävendid madalamad võrreldes ATP III NCEP määratud lävenditega (Han & Lean, 2015).

Tabel 1. Rahvusvahelise Kolesterooli Õppeprogrammi Täiskasvanute III Ravipaneeli (ATP III NCEP) ja Rahvusvahelise Diabeediföderatsiooni (IDF) poolt määratud ainevahetussündroomi diagnostikakriteeriumid (Han & Lean, 2015).

	ATP III NCEP kriteeriumid	IDF kriteeriumid Eeltingimus: abdominaalne rasvumine
Vööümberrõõõ		
Mehed	≥102 cm	≥94 cm
Naised	≥88 cm	≥80 cm
Plasma triglütseriidid	≥1,7 mmol/l (150 mg/dl)	≥1,7 mmol/l (150 mg/dl)
Või ravimid vere lipiidide korrigeerimiseks		
HDL kolesterool		
Mehed	<1,03 mmol/l (40 mg/dl)	<1,03 mmol/l (40 mg/dl)
Naised	<1,29 mmol/l (50 mg/dl)	<1,29 mmol/l (50 mg/dl)
Vererõõõ	≥130/≥85 mmHg	≥130/≥85 mmHg
Või varem diagnoositud hüpertensiooni ravi		
Plasma glükooõ	≥6,1 mmol/l (110 mg/dl)	≥5,6 mmol/l (100 mg/dl)

1.2. Ainevahetussündroomi levimus

MetS esinemissagedus varieerub sõltuvalt geograafilisest piirkonnast, maa- ja linnakeskkonnast, uuringu valimi muutujatest, nt soost, vanusest, rassist ja etnilisest kuuluvusest, ning samuti sellest, millist MetS definitsiooni ja kriteeriumeid on uuringutes kasutatud. Olenemata eelnimetatud teguritest on MetS esinemissagedus kõrge ning saavutanud ülemaailmselt epideemilised mõõtmed. Tuginedes Scuteri et al. (2015) uuringule, esineb MetS 24.3% eurooplastest. Suurim levimuse määr on Lõuna-Euroopa riikides (Hispaanias, Itaalias ja Portugalis), seevastu väikseim levimus on Põhja-Euroopas. Ameerika Ühendriikides on MetS levimus suurem kui Euroopas, esinedes kolmandikul elanikkonnast (Gurka, 2018). Ervin (2009) leidis oma uuringus, et MetS esinemissagedus vanusega tõuseb, olles madalaim 20-40-aastaste ja kõrgeim üle 60-aastaste seas.

2014. aasta seisuga esineb 25,9% Eesti rahvastikust MetS, seejuures on nooremas vanusegrupis (20–44-aastased) meeste ja naiste vaheline erinevus 2-kordne, vastavalt 25,9% ja 12,9%. Vanemates vanusegruppides soolised erinevused puuduvad. Ka Soomes on leitud naiste ja meeste vahel sarnaseid erinevusi. Seejuures on tähelepanuväärne, et sooline diferents oodatava eluea osas on suurim just Põhja- ja Ida-Euroopas ning osaliselt võib see olla seotud ka MetS levimusega. (Eglit et al., 2012)

1.3. Ainevahetussündroomi tekkepõhjused ja patogenees

MetS teket seostatakse eelkõige lääneliku elustiiliga, mida iseloomustab kehaline inaktiivsus ja kõrge rasvasisaldusega toitumise tarbimine. Lääne ühiskonnale omane elustiil on levimas ka arengumaadesse, kus majandusliku olukorra paranemine on viinud demograafilise üleminekuni (madal sündimus ja suremus, kõrge oodatav eluiga), mis on kaasa toonud muutused ka toitumise ja kehalise aktiivsuse mustrites (Kassi et al., 2011). Nimetatud muutused mõjutavad nii kehakoostist kui ka ainevahetust, mis viivad kehakaalu tõusuni ja rasvumiseni. Han & Lean (2015) täheldasid, et tsentraalne rasvkoe akumulatsioon, mille näitajaks on suurenenud vööümbermõõt, on suurem mõjutegur kui kogu keha rasvaprotsendi või kehamassiindeks tõus nii saledate kui ka ülekaaluliste indiviidide hulgas. Seetõttu võib MetS esineda ka normkaalus, kuid abdominaalse rasvumisega indiviididel. Ülekaalulistel meestel ja naistel on vastavalt 6 ja 5,5 korda suurem tõenäosus vastata MetS kriteeriumitele ning rasvunud populatsioonis on meeste ja naiste riskikordajad vastavalt 32 ja 17 (Ervin,

2009). Samuti on MetS tekkes ja arengus roll psühhosotsiaalsel stressil, mõjutades enim puudustkannatavaid populatsioone (Han & Lean, 2015).

Lisaks eluviisile on MetS väljakujunemisel roll ka geneetilisel soodumusel. Hinnanguliselt soodustab geneetiliste faktorite olemasolu kehamassiindeksi ja rasvkoe akumulatsiooni variatiivsust vastavalt 30-40% ja 70% ulatuses (Han & Lean, 2015). Olenemata geneetilisest soodumusest kalduda ülekaalulisusele, tekib viimane siiski geenide ja keskkonna koosmõjul. Elustiilitegurid, mis soodustavad abdominaalset rasvumist ja metaboolsete kõrvalekallete teket, on vähene kehaline aktiivsus, kõrge rasvasisaldusega toidu tarbimine, alkoholi tarvitamine, suitsetamine ja stress. (Han & Lean, 2015; Kaur, 2014)

MetS patogeneesis peetakse keskset rolli kandvaks nii insuliini resistentsust kui ka rasvumist. Insuliini resistentsus põhjustab küll hüperglükeemiat, kuid selle mõju teistele ainevahetuslikele riskifaktoritele on ebaselge (Grundy, 2016). Lisaks on 30% MetS diagnoosiga patsientidest normaalne insuliini tundlikkus (Han & Lean, 2015). Ülekaalulisus ja rasvumine on seevastu tugevalt seotud kõikide teiste MetS sümptomitega, näiteks düslipideemiaga, hüpertensiooniga ja diabeediga. Ülekaalulisusega kaasneb madal kardiorespiratoorne võimekus, mis soodustab SVH riskitegurite teket (Grundy et al., 2012). Grundy (2015) leidis, et energia tarbimise piiramine jätkuva rasvumise korral taandab enamus riskifaktoreid, mis viitab sellele, et sündroomi peamiseks tekkepõhjuseks on energia düsbalanss ja ülesöömine.

2. AINEVAHETUSSÜNDROOMI ENNETAMINE JA RAVI

MetS ennetamises ja ravis on olulisel kohal elustiili muutmine, mis hõlmab kaalu langetamist läbi tasakaalustatud ja tervisliku toitumise ning kehalise aktiivsuse (Kaur, 2014). Ülekaalulisuse ja rasvumise ravimine on rahvatervise edendamise seisukohalt märkimisväärse tähtsusega, kuna kehakaalu alandamine ja rasvaprotsendi vähendamine taandavad mitmeid SVH riskifaktoreid (E. Donnelly et al., 2009). Normaalse kehamassiindeksi (KMI) ($18,5\text{--}24,9\text{ kg/m}^2$) ülemist piiri seostatakse suurenenud riskiga MetS väljakujunemiseks. Seetõttu on soovitatud geneetilise eelsoodumuse või teiste riskitegurite esinemise korral hoida KMI vahemikus $21\text{--}22\text{ kg/m}^2$. Ainevahetushäirete tekkimise tõenäosus suureneb inimese vananedes, kuid mitme riskiteguri eemaldamise või muutmisega on võimalik MetS tekkeprotsessi pidurdada. Lisaks saab riskigruppi kuuluvaid indiviide tuvastada perekondliku anamneesi ja suurenenud vööümbermõõdu alusel. (Han & Lean, 2015)

Regulaarne kehaline aktiivsus vähendab MetS väljakujunemise tõenäosust. Sündroomi esinemise korral aitab aga kaalu langetamine ennistada sündroomi komponentide normväärtusi, vähendades sündroomi korduvasinemist ning ennetades ~60% T2D uutest haigusjuhtudest. (Han & Lean, 2015) Paljudel patsientidel on kaalu langetamine keeruline, kuid ainuüksi muutused liikumis- ja toitumisharjumustes kehamassi muutuseta võivad alandada vererõhku, korrigeerida lipiidide taset ning seeläbi parandada insuliini resistentsust (Kaur, 2014).

Tuginedes Ameerika Spordimeditsiini Kolledži (ACSM) juhiste, on kaalutõusu vältimiseks ja krooniliste haiguste ennetamiseks vajalik liikuda mõõduka intensiivsusega 150-250 min nädalas. Soovituslik on jaotada koormus ühtlaselt, näiteks liikuda 30 min päevas viiel päeval nädalas (E. Donnelly et al., 2009).

Kliiniliselt olulised positiivsed muutused MetS komponentides tekivad juba 2-3% kaalukaotusega (E. Donnelly et al., 2009). Kuigi mõneprotsendiline kaalukaotus viib kliiniliselt oluliste SHV riskitegurite (diabeet, diabeedieelne seisund, hüpertensioon, düslipideemia ja suurenenud vööümbermõõt) vähenemisele, toob suurem kaalulangetus endaga kaasa ulatuslikumaid muutusi, vähendades ka vajadust tarbida vererõhu, plasma glükoosi ja lipiide korrigeerimiseks vajalikke ravimeid (Jensen et al., 2014). Jensen et al. (2014) soovivad seada esmaseks eesmärgiks langetada 6 kuu jooksul kehakaalu 5-10% võrra. Kaalu alandamiseks on vajalik saavutada energiadefitsiit kas kehalise aktiivsuse suurendamise, energia tarbimise vähendamise või mõlema näol (Jensen et al., 2014).

Ülekaalulistel ja rasvunud indiviididel, kellel on suurenenud risk haigestuda T2D, vähendab 2,5-5,5 kg kaalukaotus riski 30-60%. Lisaks alandab 2-5% kaalukaotus vere glükoositaset enam kui 20 mg/dL võrra. Samuti on vere lipiidide ja kaalukaotuse ulatuse vahel tugev seos: kehakaalu alandamine 3 kg võrra vähendab triglütseriidide taset ~15 mg/dL, 5-8 kg kaalukaotus vähendab LDL-kolesterooli taset ligikaudu 5 mg/dL ja tõstab HDL-kolesterooli taset ~2-3 mg/dL. Kaalukaotuse järgse kehakaalu säilitamiseks ja kaalutõusu vältimiseks on soovituslik liikuda mõõduka intensiivsusega 200-300 minutit nädalas. (Jensen et al., 2014).

Sõltuvalt MetS raskusastmest võib raviskeemi lisada farmakoloogilise mõjutamise. Seda juhul, kui sümptomaatika ei taandu elustiili muutmisega. Paraku on tervishoiusüsteemis laialt levinud MetS komponentide ravimine eeskätt farmakoloogiliselt, kuna ravimitega on võimalik patsiendi tervislikku seisundit parandada kiirelt ja tõhusalt, jättes sageli likvideerimata põhjuse. Patsiendi eluviisi muutmise strateegia rakendamine (kehalise aktiivsuse suurendamine ja toitumisharjumuste parandamine) kehakaalu alandamiseks on seevastu pikaajaline ja aeganõudev protsess. Kirurgilist sekkumist ehk bariatrilist operatsiooni kasatakse vaid indiviididel, kes on eluohtlikult rasvunud ($KMI >40 \text{ kg/m}^2$) või kelle sümptomaatika ei allu eluviisi muutmisele ega ravimitele. (Kaur, 2014)

Olenemata tõsiasiast, et inaktiivne eluviis koos liigse toiduenergia tarbimisega põhjustab MetS, kroonilisi haiguseid ja enneaegset suremust, ei suuda enamuse rahvastikust täita soovituslikke liikumisnorme. Eesti elanikkonnast liigub vähem kui 150 minutit nädalas 29% ning inaktiivseid inimesi on 34%. (Einasto & Lusmägi, 2014). Sagedaseim põhjus, miks inimesed ei järgi liikumissoovitusi, on ajapuudus, seda sõltumata soost, vanusest, rahvusest või tervislikust seisundist. Lisaks on vastupidavuskoormustel põhinevatest treeninguprogrammidest kinnipidamine ilma juhendajapoolse kontrollita ja sobiva infrastruktuurita kehvapoolne (Hawley & Gibala, 2012).

Kõrge intensiivsusega intervalltreeningut (*high-intensity interval training* – HIIT) peetakse vähemalt sama tõhusaks kui traditsioonilist vastupidavustreeningut, kuna see kutsub organismis esile samasuguseid tervise seisukohast positiivseid muutuseid. Samas ajakulu ja treeningumaht on olenevalt kasutatavast HIIT protokollist vastavalt kuni 75% ja 90% väiksemad võrreldes traditsioonilise vastupidavustreeninguga. (Hawley & Gibala, 2012)

Tjønnå et al. (2008) võrdlesid oma uuringus intervalltreeningu ja vastupidavustreeningu mõju MetS diagnoosiga patsientidele ($n=28$). Treeninguprogrammi kestus oli 16 nädalat, mille järel MetS sümptomaatika taandus sedavõrd, et 46% uuritavatest intervalltreeningu grupis ja 37% kestvustreeningu grupis ei olnud MetS enam diagnoositav. Lisaks suurenes uuritavate

maksimaalne hapnikutarbimise võime (VO_2max) intervalltreeningu ja vastupidavustreeningu grupis vastavalt 35% ja 16%. Vaatlusaluste subjektiivne hinnang treeninguprogrammi atraktiivsusele erines: intervalltreeningu grupis osalenud leidsid, et treening oli vaheldusrikas ja motiveeriv, seevastu hindasid kestvustreeningu grupi uuritavad pikaajalist ühtlase tempoga liikumist „üsna igavaks“. Antud uuringust selgus, et treeningu intensiivsusel on oluline tähtsus aeroobse võimekuse parandamises ning et MetS sümptomaatika vähendamisel on intervalltreening tõhusam kui vastupidavustreening. (Tjønnå et al., 2008)

3. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA INTERVALLTREENING

HIIT on spordivaldkonnas pika traditsiooniga, ulatudes oma juurtega 20. sajandi esimesse poolde, mil Soome jooksjad Hannes Kolehmainen ja Paavo Nurmi, tuntud kui „lendavad soomlased“, seda oma treeningutel rakendasid. Peale II maailmasõda sai intervalltreeningust Euroopa jooksjate seas, eesotsas Emil Zatopekiga, laialtlevinud treeningumeetod, mis on esimene tunnistus selle efektiivsusest (Billat, 2001).

HIIT on treeningu vorm, kus lühiajalised kõrge intensiivsusega pingutused vahelduvad taastumisperioodidega. Olenevalt treeningu intensiivsusest võib üks tööintervall kesta mõnest sekundist mitme minutini vaheldudes mõneminutiliste puhkepausidega või madala intensiivsusega taastumisperioodidega (Gibala & McGee, 2008). Üldjuhul on tööintervalli intensiivsus 85%-95% SLSmax või 80%-90% VO₂max. Taastumisperioodid hõlmavad puhkust või madala intensiivsusega, 60%-70% tööintervalli intensiivsusest, tegevusi, näiteks kõndimist või sõrkimist. Seejuures peab taastumisintervalli aeg olema piisav, et järgnevat tööintervalli soovitud intensiivsusega sooritada. (Cassidy et al., 2017) On oluline täheldada, et treeningu intensiivsus on suhteline ja selle määramisel tuleb arvestada vaatlusaluse maksimaalse hapnikutarbimise võimega ja südamelöögisagedusega. Seetõttu liiguvad kaks ühesuguse suhtelise koormusega, kuid erineva treenituse tasemega inimest erineva kiirusega (Karlsen et al., 2017). HIIT treeningut viiakse üldjuhul läbi tegevustes, mis hõlmavad suurte lihasgruppide dünaamilist tööd, näiteks kõndimine, jooksmine või jalgrattasõit (Karlsen et al., 2017). Ka suuremas osas kliinilistes HIIT uuringutes on kasutatud kõndimist, jooksmist ja jalgrattasõitu vastavalt jooksulindil või veloergomeetril (Cassidy et al., 2017).

Kirjandusest võib leida palju erinevaid näiteid intervalltreeningu protokollidest. Üks levinumatest, mida nimetatakse sprint-intervalltreeninguks ning mida kasutatakse suuremal määral treenitud või hea tervisega inimeste uurimisel, põhineb *Wingate* testil. *Wingate* testi sooritamisel töötatakse spetsiaalsel veloergomeetril maksimaalse intensiivsusega 30 sekundit suure takistusjõu vastu. Tüüpilise HIIT protokollil puhul korratakse *Wingate* testi neli kuni kuus korda vaheldumisi 4-minutiliste taastumisperioodidega (Gibala & McGee, 2008). Maksimaalset pingutust nõudev HIIT protokoll on küll tõhus ja ajasäästlik, kuid eeldab spetsiaalset varustust ja uuritava motiveeritust, lisaks võib ekstreemne kehaline pingutus põhjustada iiveldustunnet ja ebamugavust. Eeltoodud põhjustel ei pruugi antud protokoll olla sobilik ja turvaline kõigile inimestele, eriti riskigruppi kuuluvatele indiviididele (ülekaalulistele, südamehaigetele, vanemaealistele). (Gillen & Gibala, 2014; Little et al., 2010) Alternatiivina *Wingate* testi põhisele protokollile on mitmes uuringus nii tervete indiviididel

(Little et al., 2010), koronaararteritõvega patsientidel (Currie et al., 2013) ja T2D patsientidel (Little et al., 2011) kasutatud protokoll, mis koosneb kümnest 1-minutilise kestuse ja koormusega 85-90% SL_{Smax} pingutusest vaheldumisi 1-minutiliste taastumisperioodidega. Antud protokoll on sarnaselt maksimaalse pingutusega protokollile ajasäästlik, kestes koos soojenduse, lõdvestuse ja taastumisperioodidega ligikaudu 25 minutit. Lisaks võib kirjandusest leida veel palju näiteid protokollide kohta, mis varieeruvad treeningmeetodi (kõndimine, sörkjooks, rattasõit), töö- ja puhkeintervalli kestuse, intensiivsuse ja treeningu ülesehituse poolest. Sellegipoolest peetakse HIIT ohutuks ka suurenenud kardiometaboolse riskiga patsientidele (Cassidy et al., 2017). Soojendus on oluline osa treeningust, mis aitab optimeerida sooritusvõimet ja jõuda tööintervalli ajaks soovitud südamelöögisageduseni. Ühtlasi stimuleerib soojendus vasodilatatsiooni, mis on oluline tegur SVH patsientidele vähendades rütmihäirete ja isheemia riski. (Karlsen et al., 2017)

HIIT tekitab samasuguseid füsioloogilisi adaptatsioone nagu traditsiooniline vastupidavustreening, kuid võrreldes viimasega toimuvad need kiiremini ja on ulatuslikumad (Gillen & Gibala, 2014). HIIT soodustab tervetel indiviididel mitokondrite biogeneesi ja parandab sooritusvõimet (Little et al., 2010) ning kardiorespiratoorset võimekust (Astorino et al., 2012). Astorino et al. (2011) leidsid, et HIIT mõju on soost sõltumatu ja parandab kardiorespiratoorset võimekust (VO_{2max}) võrdväärselt nii meestel kui ka naistel.

Lisaks on võrreldud vastupidavustreeningu ja intervalltreeningu programmidest kinnipidamist ning treeningute nautimist ülekaaluliste indiviidide hulgas ning on selgunud, et nimetatud aspektides kahe treeningu viisi vahel erinevusi ei esinenud (Vella et al., 2017). Küll aga võib oleneda HIIT nauditavus tööintervalli pikkusest, nimelt on 30- ja 60-sekundilised tööintervallid osutunud meeldivamaks kui 120-sekundilised (Cassidy et al., 2017).

Viimastel aastatel on hakatud rohkem tähelepanu pöörama HIIT rakendama erinevate terviseprobleemidega inimeste, näiteks südameveresoonkonnahaigete, T2D diagnoosiga patsientide ja ülekaaluliste iniviidide seisundi mõjutamiseks. Enne HIIT rakendamist tervisehäiretega inimestel on oluline veenduda patsiendi tervisliku seisundi stabiilsuses, viies eelnevalt läbi meditsiinilise läbivaatuse ning koormustesti vähendamaks tugevast treeningukoormusest tingitud äkksurma või südameinfarti riski.

4. KÕRGE INTENSIIVSUSEGA INTERVALLTREENINGU MÕJU AINEVAHETUSSÜNDROOMI RISKITEGURITELE

4.1. Vööümbermõõt ja abdominaalne rasvumine

Enamus MetS diagnoosiga inimesi on rasvunud ($KMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$). Abdominaalne rasvumine on seejuures MetS ja SVH patogeneesi seisukohalt suurem riskitegur kui kogu keha rasvumine. Vistseraalne rasvkude produtseerib adipotsütokiine, näiteks leptiini, resistiini, $TNF\alpha$, interleukiini-6, angiotensiin II, mis põhjustavad organismis süsteemset põletikuseisundit, häireid energia- ja ainevahetuses, vere koagulatsioonis ning soodustavad hüpertensiooni teket (Kaur, 2014). Seetõttu on MetS ennetamises ja ravis oluline tähelepanu pöörata lisaks üldisele kehakaalu langetamisele ka rasvaprotsendi, eriti vistseraalse rasva, mille näitajaks on vööümbermõõt, vähendamisele. Hosseinpanah et al. (2010) väidavad, et vööümbermõõdu vähenemine $\geq 2 \text{ cm}$ võrra leevendab MetS sümptomaatikat ning pidurdab sündroomi väljakujunemist.

Heydari et al. (2012) uurisid HIIT mõju kehakoostisele ülekaalulistel meestel ($KMI 28,4 \pm 0,5 \text{ kg/m}^2$; $n=46$), kasutades 12 nädala vältel ($3 \times$ nädalas) intervalltreeningut veloergomeetril (tööintervall 8 s, taastumisperiood 12 s). Tööintervalli intensiivsus oli 80-90% SLS_{max} . Treening algas ja lõppes 5-minutilise koormusvaba pedalleerimisega. Kirjeldatud sekkumine vähendas kokkuvõttes kehamassi 1,5 kg võrra (2%), seejuures keha rasvamass vähenes 2 kg võrra (6,7%) ning vistseraalse rasva mass 17%. Ühtlasi selgus, et vööümbermõõt ja vistseraalse rasva mass vähenesid olulisel määral juba 6-nädalase treeninguga ning kehamassi ja KMI osas ilmnas oluline langus 9 nädala möödudes. Seejuures vööümbermõõdu ja vistseraalse rasva massi vähenemise vahel esines statistiliselt oluline seos ($r=0,57$; $p<0,05$). Need andmed näitavad, et juba suhteliselt lühiajaline (6-nädalane) HIIT vähendab abdominaalset rasvumist.

Alvarez et al. (2018) uurisid HIIT mõju ülekaalulistele ja rasvunud naistele ($KMI 25-35 \text{ kg/m}^2$; $n=49$), jagades nad nelja gruppi: T2D diagnoos, düslipideemia, düslipideemia koos hüperglükeemiaga, kontrollgrupp. Uuritavad osalesid jooksmisel ja kõndimisel põhinevas HIIT programmis 3 korda nädalas 16 nädala vältel. Tööintervalli ja taastumisperioodi intensiivsus oli vastavalt 90%-100% ja $\leq 70\%$ SLS_{max} . Esimese kahe nädala treeningu protokoll sisaldas $8 \times 30 \text{ s}$ sörkjooksu/kiirkõndi vaheldumisi 120-sekundilise madala intensiivsusega kõnniga. Selleks, et säilitada koormuse mõju, pikendati iga kahe nädala tagant

tööintervalli kestust 7-10% ja lühendati taastumisperioodi 4%. Samuti lisati iga 4 nädala tagant protokollile juurde kaks tööintervalli. Kõigis gruppides vähenes HIIT tulemusena kehamass, KMI ja vööümbermõõt. T2D grupis vähenes vööümbermõõt $4,0 \pm 1,8$ cm, düslipideemia grupis $2,9 \pm 1,6$ cm ja düslipideemia koos hüperglükeemiaga grupis $4,4 \pm 1,4$ cm. Nädalane treeningule kuluv aeg varieerus 66 minutist (1. nädal) 109 minutini (16. nädal), mis on 25-56% vähem, kui soovitatud minimaalne nädalane liikumisnorm.

Stensvold et al. (2010) ja Tjønnå et al. (2008) uurisid intervalltreeningu mõju MetS diagnoosiga mees- ja naissoost indiviididele (vastavalt $n=43$ ja $n=32$). Uuritavad kõndisid ja jooksid jooksulindil ning HIIT protokoll sisaldas 4×4 -minutilist tööintervalli intensiivsusega 90–95% SLSmax vaheldumisi 3-minutiliste aktiivsete taastumisperioodidega intensiivsusega 70% SLSmax. Stensvold et al. (2010) leidsid 12-nädalase (3 treeningut nädalas) sekkumise järgselt, et uuritavate vööümbermõõt vähenes keskmiselt 1,3 cm ($109,6 \pm 10,0$ cm vs $108,3 \pm 10,7$ cm) ning kogu keha rasvamass vähenes 7%, kuid kehamassi ja KMI osas olulisi muutuseid ei avaldunud. Tjønnå et al. (2008) uuring kestis 16 nädalat (3 treeningut nädalas), mille käigus võrreldi intervalltreeningu ja vastupidavustreeningu (47 minutit intensiivsusega 70% SLSmax) mõju. Selles uuringu vähenes uuritavate kehamass intervalltreeningu ja vastupidavustreeningu grupis vastavalt 3% ja 4% ning vööümbermõõt 5 cm ja 6 cm, ehk siis praktiliselt ühevõrra sõltumata treeninguprogrammist.

Kong et al. (2016) uurisid lühiajalise 5-nädalase (kokku 20 sessiooni) HIIT mõju ülekaalulistele naistele ($n=22$). Iga HIIT sessioon sisaldas 60×8 s tööd veloergomeetril intensiivsusega $\sim 90\%$ VO_{2max} vahelduvalt 12-sekundiliste taastumisperioodiga. Selgus, et kirjeldatud lühiajaline HIIT programm ei avaldanud mõju kehamassile, KMI ega abdominaalsele rasvamassile. Sarnaselt Kong et al. (2016) uuringule hindasid ka Smith-Ryan et al. (2015) lühiajalise HIIT protokollile mõju ülekaalulistele indiviididele. Selles uuringus jaotati 25 meessoost indiviidi kolme gruppi. Kaks gruppi läbisid 3-nädalase (kokku 9 sessiooni) HIIT programmi veloergomeetril. Grupid treenisid kahe erineva protokolliga järgi: 1MIN-HIIT (10×1 min 90% individuaalsest maksimaalsest võimsusest vaheldumisi 1-minutilise taastumisega) või 2MIN-HIIT (5×2 min 80%-100% individuaalsest maksimaalsest võimsusest vaheldumisi 1-minutilise taastumisega). Kolmas grupp oli kontrollgrupp. Antud uuring ei leidnud muutusi keha rasvaprotsendis ega kehamassis, kuid 2MIN-HIIT grupp lihasmassi keskmiselt 2,1 kg võrra ning 1MIN-HIIT grupis 1,7 kg võrra, võrreldes 0,4 kg lihasmassi vähenemisega kontrollgrupis.

Sawyer et al. (2016) võrdlesid vastupidavustreeningu ja HIIT mõju rasvunud mees- ja naissoost (KMI $36,0 \pm 5,0$ kg/m²; $n=18$) indiviididele. HIIT kestis 8 nädalat, 3 treeningut

nädalas. HIIT grupis treeniti veloergomeetril igal sessioonil järgneva protokolliga kohaselt: 10×1 min intensiivsusega 90-95% SLSmax vaheldumisi 1-minutilise aktiivse taastumisega. Vastupidavustreeningu grupi uuritavad töötasid igal sessioonil veloergomeetril 30 min intensiivsusega 70-75% SLSmax. Vööümbermõõt vähenes treeningu mõjul statistiliselt olulisel määral nii HIIT kui ka vastupidavustreeningu grupis (keskmiselt vastavalt 2,7 cm ning 1,4 cm), kuid gruppidevaheline erinevus vähenemise ulatuse osas osutus mitteoluliseks. Keha rasvaprotsent vähenes mõlemas grupis võrdväärselt, kehamassi ja KMI osas muutusi kummaski grupis ei esinenud. Tähelepanuväärne on, et HIIT grupis oli treeningule kulutatud aeg 27,5% lühem kui vastupidavustreeningu grupis (29 min vs 40 min keskmiselt treeningusessiooni kohta).

Ülal refereeritud uuringute kohaselt (Heydari et al., 2012; Alvarez et al., 2018; Stensvold et al., 2010; Tjønnå et al., 2008) on pikaajaline HIIT (vähemalt ~10 nädalat) tõhus meetod kehakaalu alandamiseks, kuid võrreldes vastupidavustreeninguga (Tjønnå et al., 2008), ei ole erinevus märkimisväärne. Sawyer et al. (2016), Stensvold et al. (2010) ja Heydari et al. (2012) uuringud näitavad, et HIIT vähendab kogu keha rasva massi ja abdominaalse rasva massi nii meestel kui naistel, isegi kui kehamass püsib muutumatuna. Kehamassi muutumatust võib seletada lihasmassi suurenemisega HIIT toimel, mida kinnitab ka Smith-Ryan et al. (2015) uuring. Vööümbermõõdu oluline vähenemine avaldub Heydari et al. (2012) andmetel juba 6-nädalase HIIT tulemusena. Seejuures on muutused kehamassis, kogu keha ja abdominaalse rasva massis ulatuslikumad rasvunud indiviididel võrreldes normkaalulistega.

Maillard et al. (2018) meta-analüüs näitab, et kogu keha ja abdominaalse rasva massi vähendamise seisukohalt on sörkjooksul ja kõndimisel põhinevad HIIT protokollid tõhusamad kui rattasõidul põhinevad. Põhjuseks võib olla rohkemate lihasgruppide haaratus, mis kontsentrilisel ja ekstsentrilisel lihastööl suuremal määral energiat kulutavad.

HIIT mõju rasvamassi vähenemisele võib selgitada mitmeti. Üks teooriatest tugineb mitokondrite arvu ja mõõtmete suurenemisele lihasrakus, mis soodustab rasvhapete oksüdatsiooni. Samuti kutsub HIIT esile ulatusliku akuutse katehoolamiinide taseme tõusu, mis soodustab lipolüüsi, eriti abdominaalses rasvkoes, kus on suhteliselt rohkesti β -retseptoreid. Lisaks pärsib HIIT treeningujärgselt söögiisu. (Batacan et al., 2017; Cassidy et al., 2017)

Kokkuvõtlikult võib öelda, et nii HIIT kui ka vastupidavustreening on kehakaalu alandamiseks tõhusad sekkumised, kuid abdominaalse rasvumise vähendamise seisukohalt on HIIT efektiivsem, olles reeglina ka ajasäästlikum. HIIT olulised parameetrid on töö- ja

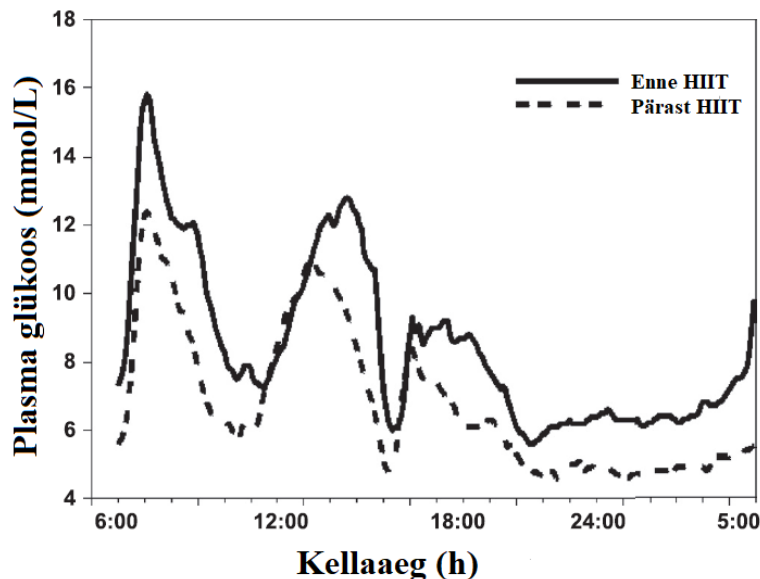
puhkeintervalli intensiivsus ja kestuses, korduste arv ja ka rakendatavate koormuste eripära (kõnd, jook vs töö veloergomeetril). Neid parameetreid omavahel kombineerides on HIIT protokollide variatiivsus väga lai ning seetõttu erinevad ka organismi akuutsed ja kroonilised füsioloogilised reaktsioonid, mistõttu ei ole võimalik praeguste uuringute põhjal üht HIIT protokollu selgesti teiste seast esile tõsta.

4.2. Hüperglükeemia ja insuliini resistentsus

Enamusel MetS diagnoosiga indiviididel on kõrge plasma glükoositase, mis viitab kas diabeedieelsele seisundile või väljakujunenud T2D. Peamine hüperglükeemia põhjustaja MetS puhul on insuliini resistentsus. Järgnevalt refereeritud uuringutes on hinnatud HIIT mõju plasma paastuglükoosile, insuliini resistentsusele ja pankrease β -rakkude funktsioonile. Treeningujärgsed mõõtmised on viidud läbi 48-72 tundi pärast viimast treeningusessiooni, vältimaks akuutseid vastusreaktsioone.

Little et al (2011) uurisid kahepäevase HIIT treeningu mõju glükeemilisele kontrollile T2D diagnoosiga patsientidele ($n=8$). Uuritavad sooritasid kahe nädala jooksul 6 HIIT sessiooni (3 sessiooni nädalas) veloergomeetril protokolliga 10x60 s tööd intensiivsusega 90% SLSmax vaheldumisi 60-sekundiliste taastumisperiodidega (puhkus või vaba, koormuseta pedalleerimine). Treeningusessioon algas ja lõppes vastavalt 3-minutilise soojenduse ja 2-minutilise lõdvestusega. Treeninguga seotud ajakulu oli 75 min nädalas. Uuringu tulemustest selgub, et kahepäevase treeningtsükli järgselt on ööpäevane plasma glükoosi kontsentratsioon võrreldes treeningeelsega statistiliselt olulisel määral langenud ($7,6 \pm 1,0$ vs $6,6 \pm 0,7$ mmol/l) (Joonis 1). Little et al. (2011) poolt läbi viidud uuringus kasutati teadaolevalt esmakordselt ööpäevaringset plasma glükoosi monitooringut.

Tjønna et al. (2008) uuringus vähendas 16-nädalane intervalltreening MetS diagnoosiga indiviidide paastuglükoosi kontsentratsiooni tasemelt $6,9 \pm 0,6$ tasemele $6,6 \pm 0,6$ mmol/L. Lisaks paranes insuliini tundlikkus ja β -rakkude funktsioon. Seevastu Stensvold et al. (2010) uuringus MetS diagnoosiga uuritavate plasma glükoositase ja insuliini tundlikkus olulisel määral ei paranenud. Viimase uuringu autorid spekulatsioonid, et glükoosi kontsentratsiooni languse eelduseks on kehamassi vähenemine, mida nendel uuritavatel ei ilmnunud, kuna treeningprogrammi maht oli väike ja kestus võrdlemisi lühike.



Joonis 1. Kaks nädalat HIIT treeningut parandab glükeemilist kontrolli. Plasma glükoosi kontsentratsioon 24 h vältel enne (pidev joon) ja pärast (katkendlik joon) treeningut. Treeningjärgne glükoosi tase määrati 48-72 h pärast viimast treeningut. (Little et al., 2011)

Mitranun et al. (2014) uurisid 12-nädalase HIIT mõju glükeemilisele kontrollile T2D diagnoosiga mees- ja naissoost patsientidel ($n=43$). Vaatlusalused jagati 3 rühma: intervalltreeningu grupp, vastupidavustreeningu grupp ja kontrollgrupp. Treeningusessioonid toimusid 3 korda nädalas jooksulindil sõrkides/kõndides. Intervalltreeningu protokoll erines uuringu kolmes faasis: 1. Faas (1.-2. nädal) – 5 min soojendust, millele järgnes 20 min intensiivsusega 50% VO_2max sõrkjooks/kiirkõnd ning 5 min lõdvestust; 2. faas (3.-6. nädal) – 5 min soojendust intensiivsusega 50% VO_2max , 4×1 min intensiivsusega 80% VO_2max vaheldumisi 4-minutiliste intervallidega intensiivsusega 50% VO_2max ning lõpetuseks 5-minutiline lõdvestus; 3. faas (7.-12. nädal) – 5 min soojendust intensiivsusega 60% VO_2max , 6×1 min intensiivsusega 85% VO_2max vaheldumisi 4-minutiliste intervallidega intensiivsusega 60% VO_2max . Kirjeldatud intervalltreeningu programm vähendas plasma paastuglükoosi taset keskmiselt 1,05 mmol/L võrra (7,65 vs 6,6 mmol/L) ning parandas ka insuliini resistentsust, kuid võrreldes vastupidavustreeningu grupiga ei esinenud statistiliselt olulisi erinevusi. Samuti ei olnud treeningule kuluv aeg HIIT treeningugrupis lühem kui vastupidavustreeningu grupis.

Madsen et al. (2015) uurisid HIIT mõju glükeemilisele kontrollile T2D diagnoosiga mees- ja naissoost patsientidel ($KMI\ 31,14 \pm 1,24\ kg/m^2$; $n=10$) ja kontrollisikutel ($KMI\ 30,53 \pm 0,84\ kg/m^2$; $n=13$). Uuring kestis 8 nädalat, treeningusessioonid toimusid 3 korda nädalas. Treeningusessiooni kestis 30 minutit, see sisaldas 5-minutilist soojendust ($\sim 65\%\ SLS_{max}$),

millele järgnes 10×1 min pedalleerimist veloergomeetril sagedusega 70 pööret minutis vaheldumisi 1-minutiliste taastumisperioodidega. Puhkeintervalli ajal lubati uuritavatel pedalleerida minimaalse vastupanuga või puhata passiivselt. Treening lõppes 5-minutilise lõdvestusega. T2D diagnoosiga patsientidel ilmnas statistiliselt oluline paastuglukoosi taseme ja insuliini resistentsuse langus ning β -rakkude funktsiooni paranemine. Seevastu kontrollgrupi indiviididel statistiliselt olulisi muutusi nimetatud parameetrite osas ei täheldatud.

Alvarez et al. (2018) uuringu andmetel vähendas 16-nädalane HIIT statistiliselt olulisel määral plasma paastuglukoosi taset T2D patsientidel, düslipideemiaga patsientidel ning samuti düslipideemia ja hüperglükeemiaga indiviididel (Tabel 2). Kontrollgruppi kuulunud uuritavatel, kes olid samuti ülekaalulised, olulisi muutusi paastuglukoosi tasemes ei täheldatud.

Tabel 2. Plasma paastuglukoosi tase enne ja pärast HIIT sekkumist. * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$. (Alvarez et al., 2018)

Grupp	Paastuglukoosi tase (mg/dL)	
	Enne HIIT	Pärast HIIT
T2D	140,0 \pm 11,1	120,3 \pm 12,4**
Düslipideemia	87,9 \pm 6,3	78,7 \pm 5,9*
Düslipideemia koos hüperglükeemiaga	107,2 \pm 4,4	93,9 \pm 4,6**
Kontrollgrupp	93,7 \pm 3,7	88,6 \pm 8,5

Ülal refereeritud uuringutest (Little et al., 2011; Tjønnå et al. 2008; Mitranun et al. 2014; Madsen et al., 2015; Alvarez et al., 2018) võib järeldada, et HIIT on efektiivne treeningumeetod vähendamaks plasma paastuglukoosi taset diabeedieelses seisundis olevatel indiviididel või T2D patsientidel. Seejuures Little et al. (2011) andmed näitavad, et T2D diagnoosiga patsientidel on ka väga lühiajalisel sekkumisel (2 nädalat) positiivne mõju. Kuid ülekaalulistel ja rasvunud indiviididel, kelle plasma glükoositase jääb normi piiridesse, ei avalda aga HIIT plasma glükoosile olulist mõju (Alvarez et al., 2018).

Cassidy et al. (2017) ülevaateartikli ja Batacan et al. (2017) metaanalüüsi andmetel on T2D ja MetS korral mitokondrite maht ja funktsioon vähenenud ning mitokondrite biogeneesi markerite tase langenud. HIIT võrreldes vastupidavustreeninguga stimuleerib tugevamini

mitokondrite biogeneesi, vähendades seeläbi insuliini resistentsust ning parandades glükeemilist kontrolli. Samuti on HIIT puhul töösse kaasatud rohkem II tüüpi lihaskiudusid, mis stimuleerib lihashüpertroofiat ja lihasmassi kasvu. Suurenenud lihasmass korreleerub vähenenud insuliini resistentsusega ja MetS esinemissagedusega.

4.3. Düslipideemia

Düslipideemia on MetS tunnus, mida iseloomustab kõrge triglütseriidide ja LDL-kolesterooli ning madal HDL-kolesterooli tase. LDL-kolesterooli tase plasmas korreleerub positiivselt abdominaalse rasvumisega, mis väljendub suurenenud vööümbermõõdus, seevastu triglütseriidide ja HDL-kolesterooli kõrvalekalded on rohkem seotud küllastunud rasvade liigse tarbimisega. (Han & Lean, 2015) HDL-kolesterooli taseme tõus 1 mg/dL võrra vähendab SVH riski 2–3% (Alvarez et al., 2018).

MetS diagnoosiga indiviididel ei avaldanud 16-nädalane intervalltreening olulist mõju triglütseriidide ja LDL-kolesterooli tasemele, kuid tõstis HDL-kolesterooli kontsentratsiooni ~25% võrra (Tjønnå et al., 2008). Seevastu Stensvold et al. (2010), kes uurisid sarnast kontingenti, ei täheldanud 12-nädalase sekkumise järel olulisi muutuseid üldkolesterooli, HDL-kolesterooli ega triglütseriidide tasemetes, kuigi keha rasvamass vähenes 7%.

Alvarez et al. (2018) uuringus vähendas 16-nädalane HIIT üldkolesterooli taset uuritavatel, kellel esines düslipideemia või düslipideemia koos hüperglükeemiaga, kuid LDL-kolesterooli kontsentratsioon langes oluliselt üksnes uuritavatel, kellel esines düslipideemia koos hüperglükeemiaga. HDL-kolesterooli tase tõusis lisaks kahele nimetatud grupile veel T2D patsientidel, kuid jäi muutumatuks kontrollgrupis. HIIT langetas triglütseriidide taset kõigis gruppides. On tähelepanuväärne, et düslipideemiaga uuritavatel ning düslipideemia ja hüperglükeemiaga indiviididel viis HIIT üldkolesterooli, LDL-kolesterooli ja HDL-kolesterooli näitajad kontrollgrupi vastavate näitajatega samale tasemele. Seejuures HIIT seotud ajakulu oli 25%-56% väiksem võrreldes ajakuluga, mis oleks kaasnenum vastupidavustreeninguga mahus, mis vastanuks traditsioonilistele liikumissoovitustele (E. Donnelly et al., 2009).

Batacan et al. (2017) metaanalüüs näitab, et üldjuhul ei ole lühiajalisel ega pikaajalisel HIIT sekkumisel mõju vere lipiididele rasvunud ja ülekaaluliste indiviidide hulgas. Kuid Alvarez et al. (2018) ja Tjønnå et al. (2008) uuringutest nähtub, et HIIT positiivne mõju võib siiski avalduda vere lipiidide profiili normist tugeva kõrvalekalde korral ning juhul, kui HIIT kutsus esile olulisi muutusi kehakoostises ja kehamassis.

4.4. Kõrgenenud vererõhk

Hüpertensiooni korral vähendab süstoolse ja diastoolse vererõhu alanemine vastavalt ~10 mmHg ja ~5 mmHg isheemilisse südamehaigusesse suremisriski ~40% (Stensvold et al., 2010). T2D diagnoosiga patsientidel vähendab süstoolse ja diastoolse vererõhu langus vastavalt 2,1 mmHg ja 0,9 mmHg SVH haigestumise riski ligikaudu 10% (Alvarez et al., 2018).

Tjønnå et al. (2008) uuringus vähendas 16-nädalane intervalltreening (4×4 min 90–95% SLSmax/3 min 70% SLSmax) MetS patsientidel süstoolset vererõhku ~10 mmHg ja diastoolset vererõhku ~6 mmHg.

Alvarez et al. (2018) uuringus vähendas 16-nädalane HIIT T2D diagnoosiga uuritavatel süstoolset vererõhku ~3,7 mmHg, düslipideemiaga indiviididel ~2,4 mmHg, düslipideemia ja hüperglükeemiaga indiviididel ~2,8 mmHg ning ülekaalulistel uuritavatel ~2,4 mmHg. Diastoolses vererõhus olulisi muutusi ei esinenud. Sarnase tulemuse said ka Mitranun et al. (2014), kelle uuringus T2D diagnoosiga uuritavatel 12-nädalase HIIT tulemusena diastoolne vererõhk ei langenud, kuid muutus süstoolses vererõhus oli suurem, ~12 mmHg. Vastupidavustreeningu grupis oli süstoolse vererõhu langus tagasihoidlikum (~5 mmHg) ja see muutus ei osutunud statistiliselt oluliseks.

Madsen et al. (2015) leidsid, et 8-nädalase HIIT sekkumise tulemusena (10×1 min 70 pööret minutis/1 min taastumisperiood) langes T2D diagnoosiga uuritavatel süstoolne vererõhk ~11 mmHg ja diastoolne vererõhk ~6 mmHg.

Stensvold et al. (2010) uuringus vähendas 12-nädalane HIIT (4×4 min 90–95% SLSmax/3 min 70% SLSmax) MetS diagnoosiga patsientide süstoolset vererõhku 5,5 mmHg ja diastoolset vererõhku 4,1 mmHg, kuid muutused ei osutunud statistiliselt oluliseks.

Morales-Palomo et al. (2017) uurisid ühekordse HIIT treeningu mõju rasvunud (KMI 31 ± 4 kg/m²; n=14) MetS diagnoosiga patsientidele. Uuritavad jaotati vererõhu alusel kahte gruppi: hüpertensiivsed ja normotensiivsed indiviidid. Uuritavad läbisid 72-tunnise vahega 3 sekkumist. Esimene oli HIIT veloergomeetria protokolliga 10 minutit soojendust, 5×4 min intensiivsusega 90% SLSmax vaheldumisi 3-minutiliste taastumisintervallidega intensiivsusega 70% SLSmax. Teine sekkumine oli vastupidavustreening, mis kestis 70 ± 5 minutit intensiivsusega 60% SLSmax. Kolmas ehk kontroll-sekkumine seisnes puhkuses seliliasendis kestusega 70-minutit. Uuringu andmetel vähenes ühekordse HIIT tulemusena süstoolne vererõhk hüpertensiooniga uuritavatel ~20 mmHg, normotensiivsetel uuritavatel ~7

mmHg, kusjuures mõlemad muutused olid statistiliselt usaldusväärsed. Vastupidavustreening ja kontroll-sekkumine süstoolsele vererõhule kummaski grupis mõju ei avaldanud. Diastoolne vererõhk alanes pärast HIIT sekkumist hüpertensiooniga vaatlusalustel 8 mmHg, normotensiivsetel indiviididel statistiliselt olulist muutust ei esinenud.

Refereeritud uuringud on hinnanud ühekordse HIIT sessiooni (Morales-Palomo et al., 2017) ja erineva kestusega (8-16 nädalat) HIIT treeninguprogrammide (Tjønnå et al., 2008; Alvarez et al., 2018; Mitranun et al., 2014; Madsen et al., 2015; Stensvold et al., 2010) mõju vererõhule. Ilmneb, et juba ühekordne HIIT sessioon langetab oluliselt nii süstoolset kui ka diastoolset vererõhku, kusjuures muutuse ulatus on suurem hüpertensiivsetel võrreldes normotensiivsete indiviididega (Morales-Palomo et al., 2017). Samuti selgub, et 8-nädalane (Madsen et al., 2015) ja 16-nädalane (Tjønnå et al., 2008) HIIT programm võib olla ühevõrra efektiivne vähendamaks nii süstoolset kui ka diastoolset vererõhku. Seejuures oluline tegur, millest sõltub HIIT programmi mõju vererõhule, võib olla kehamassi vähenemine. Näiteks 8-nädalane HIIT (Madsen et al., 2015), millega kaasnes kehakaalu vähenemine 3,3% ulatuses, kutsus esile olulise süstoolse ja diastoolse vererõhu languse, samas kui 12-nädalane HIIT (Stensvold et al., 2010), millega kaasnes vaid 1,4% kehamassi langus, vererõhu näitajatele mõju ei avaldanud. Kõrvutades kõiki käesolevas alapeatükis refereeritud uuringute andmeid (Tjønnå et al., 2008; Alvarez et al., 2018; Mitranun et al., 2014; Madsen et al., 2015; Stensvold et al., 2010) selgub, et HIIT programmi positiivne mõju vererõhu näitajatele ilmneb juhul, kui kehamass väheneb vähemalt 2% võrra.

KOKKUVÕTE

Ainevahetussündroom on laialdase levimusega kompleksne haigusseisund, millel on märgatav negatiivne mõju rahvatervisele. Ainevahetussündroomi ennetuses ja ravis on oluline roll kehalisel aktiivsusel kui inimese eluviisi tähtsal komponendil. Traditsioonilistes liikumissoovitustes on kesksel kohal vastupidavustreening, mis on aga seotud märkimisväärse ajakuluga. Arvestades tänapäeva kiiret elutempot, pakutakse järjest enam alternatiivina kõrge intensiivsusega intervalltreeningut, millega seotud ajakulu on väiksem, kuid mis samuti vähendab ainevahetussündroomi tekke riski ja on efektiivne selle ravis. Teaduskirjanduse analüüs näitab, et:

1. Kõrge intensiivsusega intervalltreening, kestusega vähemalt ~10 nädalat, vähendab võrdselt vastupidavustreeninguga kehamassi. Isegi kui kehamass jääb muutumatuks, võib ilmneda kogu keha rasva massi ja abdominaalse rasva massi vähenemine. Vööümbermõõdu vähenemine avaldub juba 6-nädalase treeningu tulemusena. Kõrge intensiivsusega intervalltreeningu mõju kehamassile ning kogu keha ja abdominaalse rasva massile on ulatuslikum ülekaalulistel indiviididel võrreldes normaalkaalulistega.
2. Kõrge intensiivsusega intervalltreening vähendab plasma paastuglükoosi taset ja ööpäeva keskmist glükoosi kontsentratsiooni plasmas hüperglükeemilistel indiviididel ja 2. tüüpi diabeediga patsientidel.
3. Kõrge intensiivsusega intervalltreening kutsub esile positiivseid muutuseid vere lipiidide profiilis suhteliselt tugevalt väljendunud düslipideemiaga indiviididel.
4. Ühekordne kõrge intensiivsusega intervalltreeningu sessioon langetab nii süstoolset kui ka diastoolset vererõhku, kusjuures muutuse ulatus on suurem hüpertensiivsetel võrreldes normotensiivsete indiviididega. Erineva kestusega intervalltreeningu programmid (8-16 nädalat) võivad olla võrdselt efektiivsed vähendamaks süstoolset ja diastoolset vererõhku. Kõrge intensiivsusega intervalltreeningu programmi positiivne mõju vererõhule avaldub, kui treeningust tingitud kehamassi langus ületab ~2%.

Käesolevas bakalaureusetöös analüüsitud kirjanduse andmetel on kõrge intensiivsusega intervalltreening efektiivne ja ajasäästlik kehalise aktiivsuse vorm ainevahetussündroomi ennetuses ja ravis. Kuna aga uuringutes kasutatud treeninguprogrammide variatiivsus oluliste parameetrite osas on väga suur, ei ole selge, missugust programmi võiks pidada kõige tõhusamaks. Arvestades uuritavate väikest arvu paljudes uuringutes, tuleb nende järeldustesse suhtuda teatud ettevaatusega. Seega tuleb edasiste uuringute kavandamisel vajalikuks pidada suurema arvu uuritavate kaasamist.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Alberti, K. G. M. M., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., ... International Association for the Study of Obesity. (2009). Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation*, 120(16), 1640–1645.
2. Alvarez, C., Ramirez-Campillo, R., Martinez-Salazar, C., Castillo, A., Gallardo, F., & Ciolac, E. G. (2018). High-intensity interval training as a tool for counteracting dyslipidemia in women. *International Journal of Sports Medicine*, 39(5), 397–406.
3. Astorino, Todd A., Allen, R. P., Roberson, D. W., & Jurancich, M. (2012). Effect of high-intensity interval training on cardiovascular function, VO₂max, and muscular force. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(1), 138–145.
4. Astorino, Todd Anthony, Allen, R. P., Roberson, D. W., Jurancich, M., Lewis, R., McCarthy, K., & Trost, E. (2011). Adaptations to high-intensity training are independent of gender. *European Journal of Applied Physiology*, 111(7), 1279–1286.
5. Batacan, R. B., Duncan, M. J., Dalbo, V. J., Tucker, P. S., & Fenning, A. S. (2017). Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies. *Br J Sports Med*, 51(6), 494–503.
6. Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(1), 13–31.
7. Cassidy, S., Thoma, C., Houghton, D., & Trenell, M. I. (2017). High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*, 60(1), 7–23.
8. Currie, K. D., Dubberley, J. B., McKelvie, R. S., & MacDonald, M. J. (2013). Low-volume, high-intensity interval training in patients with CAD. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(8), 1436–1442.
9. E. Donnelly, J., N. Blair, S., Jakicic, J., Manore, M., W. Rankin, J., & Smith, B. (2009). Appropriate Physical Activity Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 459–471.

10. Eglit, T., Rajasalu, T., & Lember, M. (2012). Metabolic Syndrome in Estonia: Prevalence and Associations with Insulin Resistance. *International journal of endocrinology*, 2012, 951672.
11. Einasto M, Lusmägi P. Eesti inimeste liikumisharjumustest. Konverentsi ettekanne. 2014. Kättesaadav: https://intra.tai.ee/images/eventlist/events/TEkonv14_11_Eesti_inimeste_liikumisharjumustest_Einasto.pdf 06.05.2018
12. Ervin, R. B. (2009). Prevalence of metabolic syndrome among adults 20 years of age and over, by sex, age, race and ethnicity, and body mass index: United States, 2003-2006. *National Health Statistics Reports*, (13), 1–7.
13. Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic Adaptations to Short-term High-Intensity Interval Training: A Little Pain for a Lot of Gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58.
14. Gillen, J. B., & Gibala, M. J. (2014). Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 39(3), 409–412.
15. Grundy, S. M. (2015). Adipose tissue and metabolic syndrome: too much, too little or neither. *European Journal of Clinical Investigation*, 45(11), 1209–1217.
16. Grundy, S. M. (2016). Metabolic syndrome update. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 26(4), 364–373.
17. Grundy, S. M., Barlow, C. E., Farrell, S. W., Vega, G. L., & Haskell, W. L. (2012). Cardiorespiratory Fitness and Metabolic Risk. *The American Journal of Cardiology*, 109(7), 988–993.
18. Gurka, M. J., Filipp, S. L., & DeBoer, M. D. (2018). Geographical variation in the prevalence of obesity, metabolic syndrome, and diabetes among US adults. *Nutrition & Diabetes*, 8(1), 14.
19. Han, T. S., & Lean, M. E. J. (2015). Metabolic syndrome. *Medicine*, 43(2), 80–87.
20. Hawley, J. A., & Gibala, M. J. (2012). What's new since Hippocrates? Preventing type 2 diabetes by physical exercise and diet. *Diabetologia*, 55(3), 535–539.
21. Heydari, M., Freund, J., & Boutcher, S. H. (2012). The Effect of High-Intensity Intermittent Exercise on Body Composition of Overweight Young Males [Research article].
22. Hosseinpanah, F., Barzin, M., Mirmiran, P., & Azizi, F. (2010). Effect of changes in waist circumference on metabolic syndrome over a 6.6-year follow-up in Tehran. *European journal of clinical nutrition*, 64, 879–886.

23. Jensen, M. D., Ryan, D. H., Apovian, C. M., Ard, J. D., Comuzzie, A. G., Donato, K. A., ... Obesity Society. (2014). 2013 AHA/ACC/TOS guideline for the management of overweight and obesity in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and The Obesity Society. *Circulation*, 129(25 Suppl 2), S102-138.
24. Karlsen, T., Aamot, I.-L., Haykowsky, M., & Rognmo, Ø. (2017). High Intensity Interval Training for Maximizing Health Outcomes. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 60(1), 67–77.
25. Kassi, E., Pervanidou, P., Kaltsas, G., & Chrousos, G. (2011). Metabolic syndrome: definitions and controversies. *BMC Medicine*, 9, 48.
26. Kaur, J. (2014). A Comprehensive Review on Metabolic Syndrome. *Cardiology Research and Practice*, 2014.
27. Kong, Z., Sun, S., Liu, M., & Shi, Q. (2016). Short-Term High-Intensity Interval Training on Body Composition and Blood Glucose in Overweight and Obese Young Women. *Journal of Diabetes Research*, 2016.
28. Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., Safdar, A., Tarnopolsky, M. A., Punthakee, Z., ... Gibala, M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 111(6), 1554–1560.
29. Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. A., & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of Physiology*, 588(Pt 6), 1011–1022.
30. Madsen, S. M., Thorup, A. C., Overgaard, K., & Jeppesen, P. B. (2015). High Intensity Interval Training Improves Glycaemic Control and Pancreatic β Cell Function of Type 2 Diabetes Patients. *PLoS ONE*, 10(8).
31. Maillard, F., Pereira, B., & Boisseau, N. (2018). Effect of High-Intensity Interval Training on Total, Abdominal and Visceral Fat Mass: A Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48(2), 269–288.
32. Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., & Suksom, D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(2), e69-76.
33. Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., Pallarés, J. G., & Mora-Rodriguez, R. (2017). Acute Hypotension after High-Intensity Interval Exercise in

- Metabolic Syndrome Patients. *International Journal of Sports Medicine*, 38(7), 560–567.
34. Reaven, G. M. (1988). Role of Insulin Resistance in Human Disease. *Diabetes*, 37(12), 1595–1607.
 35. Sawyer, B. J., Tucker, W. J., Bhammar, D. M., Ryder, J. R., Sweazea, K. L., & Gaesser, G. A. (2016). Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 121(1), 279–288.
 36. Scuteri, A., Laurent, S., Cucca, F., Cockcroft, J., Cunha, P. G., Mañas, L. R., ... Nilsson, P. M. (2015). The metabolic syndrome across Europe – different clusters of risk factors. *European journal of preventive cardiology*, 22(4), 486–491.
 37. Sinisalu, V. (2006). Metaboolne sündroom – olemus ja patogeneetiline tähendus. *Eesti Arst* 2006; 85 (9), 586–590
 38. Smith-Ryan, A. E., Melvin, M. N., & Wingfield, H. L. (2015). High-intensity interval training: Modulating interval duration in overweight/obese men. *The Physician and Sportsmedicine*, 43(2), 107–113.
 39. Stensvold, D., Tjønnå, A. E., Skaug, E.-A., Aspenes, S., Stølen, T., Wisløff, U., & Slørdahl, S. A. (2010). Strength training versus aerobic interval training to modify risk factors of metabolic syndrome. *Journal of Applied Physiology*, 108(4), 804–810.
 40. Tjønnå, A. E., Lee, S. J., Rognmo, Ø., Stølen, T., Bye, A., Haram, P. M., ... Wisløff, U. (2008). Aerobic interval training vs. continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome - “A Pilot Study”. *Circulation*, 118(4), 346–354.
 41. Vella, C. A., Taylor, K., & Drummer, D. (2017). High-intensity interval and moderate-intensity continuous training elicit similar enjoyment and adherence levels in overweight and obese adults. *European Journal Of Sport Science*, 17(9), 1203–1211.

SUMMARY

The influence of high intensity interval training on risk factors of metabolic syndrome

Kaisa-Kristina Kivirand

Metabolic syndrome is a widespread complex condition that has considerable negative influence on public health. Physical activity as an important component in human lifestyle has a significant role in both prevention and treatment of metabolic syndrome. Physical activity recommendations focus on endurance training, however, this is time-consuming. Due to the fast pace of life, high-intensity interval training is increasingly popular as an alternative – with less time the risk of developing metabolic syndrome is decreased and this type of training can also efficiently be applied in its treatment. Analysis of research literature reveals the following:

1. High-intensity interval training of at least ~10-week duration decreases the body mass similarly to endurance training. Even if the body mass remains constant, decrease in the fat mass and abdominal fat mass of the body may emerge. Decreased waist circumference is manifested as a result of already 6-week training. The effect of high-intensity interval training on body mass, and the whole body fat mass and abdominal fat mass is in overweight individuals more extensive compared to normal-weight persons.
2. High-intensity interval training decreases the level of fasting glucose in plasma and the average 24-hour glucose concentration in plasma in hyperglycemic individuals and in patients with type II diabetes.
3. High-intensity interval training evokes positive shifts in blood lipids profile in individuals with relatively strongly expressed dyslipidemia.
4. One bout of high-intensity interval training decreases both systolic and diastolic blood pressure, whereas the extent of change is more prominent in hypertensive individuals compared to normotensive counterparts. Programmes of high-intensity interval training of different duration (8-16 weeks) can be equally efficient in decreasing systolic and diastolic blood pressure. The positive effect of high-intensity interval training programme on blood pressure is expressed when training-induced decrease in the body mass surpasses ~2%.

According to published data analysed for the current bachelor's thesis, high-intensity interval training is an efficient and timesaving form of physical activity in prevention and treatment of

metabolic syndrome. However, since the training programmes applied in research protocols vary considerably concerning substantial parameters, it is difficult to establish the most efficient programme. Taking into account the small number of participants in several studies, one has to interpret their conclusions with certain caution. In planning future research in this field it is expedient to engage a greater number of subjects.

AUTORI LIHTLITSENTS

Mina, Kaisa-Kristina Kivirand

(sünnikuupäev: 10.12.1995)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Kõrge intensiivsusega intervalltreeningu mõju ainevahetussündroomi riskiteguritele.

The influence of high intensity interval training on risk factors of metabolic syndrome“,

mille juhendaja on Vahur Ööpik,

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil,

sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, 7.05.2018